



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 196 51 771 C 1

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 D 5/249
G 01 D 5/12
G 01 B 7/30
B 62 D 15/02

②① Aktenzeichen: 196 51 771.0-52
②② Anmeldetag: 12. 12. 96
④③ Offenlegungstag: -
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 16. 4. 98

DE 196 51 771 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
TRW Fahrzeugelektrik GmbH & Co KG, 78315
Radolfzell, DE

⑦④ Vertreter:
Patentanwälte Eder & Schieschke, 80796 München

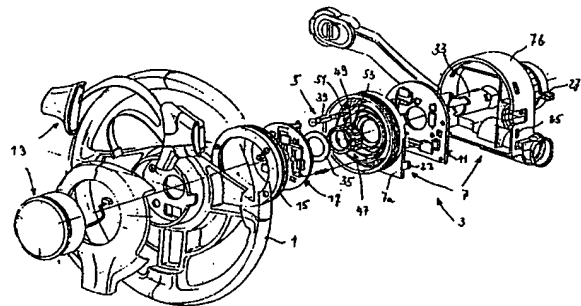
⑦② Erfinder:
Peter, Cornelius, 77815 Bühl, DE; Huber, Wolfgang,
78333 Stockach, DE; Stewart, Trevor, 78239
Rielasingen-Worblingen, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	1 95 18 664 C1
DE	40 22 503 C1
DE	1 95 45 949 A1
DE	44 09 892 A1
EP	05 45 701 A1
EP	05 30 176 A1
JP	08-1 22 099 A
JP	04-1 522 A

⑤④ Absolutwertgeber, insbesondere Drehgeber zur Erfassung des Lenkwinkels eines Kraftfahrzeugs

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen Absolutwertgeber, insbesondere Drehgeber zur Erfassung des Lenkwinkels eines Kraftfahrzeugs, mit einem Geberteil (49), auf welchem eine Kodierung (51) aus einer vorbestimmten Anzahl n örtlich aufeinanderfolgender digitaler Worte (W_i) mit einer Breite von m Bit (b_1, b_2, \dots, b_m) vorgesehen ist, mindestens einem Detektor (55) zur gleichzeitigen Erfassung der einzelnen Bit (b_1, b_2, \dots, b_m) eines digitalen Words (W_i), wobei das Geberteil (49) und der mindestens eine Detektor (55) relativ zueinander bewegbar sind, und mit einer Auswerteeinheit (11), welcher das Signal des mindestens einen Detektors (55) zugeführt ist, wobei die Auswerteeinheit (11) die absolute Position des Geberteils (49) in bezug auf den zumindest einen Detektor (55) zumindest einmalig durch die Auswertung einer vorbestimmten Anzahl (p) aufeinanderfolgender digitaler Worte (W_i) ermittelt, wobei jedem p -Tupel ($W_i, W_{i+1}, \dots, W_{i+p-1}$), bestehend aus der vorbestimmten Anzahl (p) aufeinanderfolgender digitaler Worte (W_i), ein definierter Positionswert des Geberteils (49) in bezug auf den zumindest einen Detektor (55) zugeordnet ist und wobei jedes p -Tupel ($W_i, W_{i+1}, \dots, W_{i+p-1}$) zumindest innerhalb eines vorbestimmten Eindeutigkeitsbereichs (I, II) der Kodierung (51) eindeutig ist und innerhalb jedes Eindeutigkeitsbereichs (I, II) die digitalen Worte (W_i) nicht eindeutig sind.



DE 196 51 771 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen digitalen Absolutwertgeber, insbesondere einen Drehgeber zur Erfassung des Lenkwinkels eines Kraftfahrzeugs.

Die möglichst exakte Erfassung des Lenkwinkels gewinnt bei modernen Kraftfahrzeugen immer größere Bedeutung, wobei der Lenkwinkel beispielsweise bei aktiven dynamischen Fahrwerken zur Steuerung bzw. Regelung des Fahrwerkzustands oder Fahrwerkverhaltens benötigt wird. In praktisch allen Fällen wird die möglichst exakte Erfassung des absoluten Werts des Lenkwinkels benötigt. Dies erfordert jedoch hochgenaue Absolutwertgeber, die in der Regel aufwendig konstruiert und entsprechend teuer sind.

Bekannte digitale Absolutwertgeber (z. B. JP 4-1522 A) die als Drehgeber zur Erfassung des absoluten Drehwinkel geeignet sind, weisen in der Regel eine Kodierung auf, die durch die Abtastung jedes Worts, d. h. der Bits in einer Zeile, die Ermittlung eines diesem Wort zugeordneten Werts ermöglicht. Nachteilig bei derartigen digitalen Absolutdrehgebern ist jedoch, daß die Worte eine relativ große Breite aufweisen müssen, um eine ausreichende Auflösung zu gewährleisten.

Zwar ist hierzu aus der DE 195 45 949 A1 ein digitales Absolutpositions-Codiergerät bzw. -verfahren bekannt, bei dem die Anzahl der erforderlichen Spuren zur Schaffung eines Absolutwertgebers mit einem einschrittigen Code reduziert ist, jedoch wird dieser Vorteil nur durch die Verwendung von mehreren Detektoren pro Spur erreicht. Dies bedeutet einen höheren schaltungstechnischen Aufwand.

Dies gilt auch für solche Absolutwertgeber, die nur über eine einzige Spur verfügen, und mittels mehrerer Sensoren gleichzeitig mehrere Bit der Spur abtasten, wobei in der Spur die digitalen Worte eines Codes aneinandergereiht sind (z. B. JP 08-122099 A; DE 40-22 503 C1; DE 195 18 664 C1).

Die vorstehend genannten Absolutwertgeber ermöglichen in jeder Position das sofortige Feststellen der absoluten Position, erfordern jedoch einen hohen Aufwand.

Relativwertgeber sind zwar einfacher und kostengünstiger realisierbar, jedoch ist in diesem Fall vor einer Inbetriebnahme des Systems ein Initialisierungsvorgang zur Eichung des Relativwertgebers erforderlich. Hierzu muß beispielsweise das Lenksystem bzw. das Lenkrad in eine definierte Position gebracht werden, von der ausgehend durch die Relativfassung des Lenkwinkels absolute Werte für den Lenkwinkel bestimmbar sind. Zwar besteht die Möglichkeit, den Ausgangswert (Initialisierungswert) zur Ermittlung der Absolutwerte auch so zu speichern, daß bei einem Spannungslos-Werden des Systems der Wert erhalten bleibt. Problematisch ist jedoch, daß nach einem Ausschalten des Systems Lenkbewegungen nicht erfaßt werden und demzufolge nach jedem Aktivieren des Systems ein Initialisierungsvorgang durchlaufen werden müßte.

Darüber hinaus sind Absolutwertgeber bekannt, die inkrementale und absolute Codier- bzw. Decodierverfahren verbinden (z. B. EP 0 530 176 A1; EP 0 545 701 A1). Dabei werden in der Regel über den gesamten zu erfassenden Bereich ein inkrementaler Code verwendet und an einer oder mehreren ausgewählten Positionen ein absoluter Code. Die absoluten Positionen werden mittels eines ersten Detektors wie bei üblichen Absolutwertgebern erfaßt, wobei jedoch nur eine geringe Breite der digitalen Worte erforderlich ist. Ausgehend von den dann bekannten absoluten Positionen kann dann mittels des inkrementalen Codes, der von einem weiteren Detektor abgetastet wird, bei einer Relativbewegung von Code und Detektor die jeweilig absolute Position bestimmt werden.

Auch dieser Typ Absolutwertgeber erfordert einen relativ hohen Aufwand und kann nach einem Stromloswerden die absolute Position erst dann korrekt erfassen, wenn der erste absolute Code erreicht wurde. Dies ist in der KFZ-Technik aus Gründen der Sicherheit nicht zulässig.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Absolutwertgeber, insbesondere Drehgeber zur Erfassung des Lenkwinkels eines Kraftfahrzeugs, zu schaffen, der möglichst einfach und kostengünstig realisierbar ist und gleichzeitig eine ausreichend Betriebssicherheit, insbesondere auch nach einem Stromloswerden des Systems, gewährleistet.

Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Durch die zumindest einmalige Bestimmung des absoluten Drehwinkels durch die Auswertung einer vorbestimmten Anzahl p aufeinanderfolgender digitaler Worte W_i ergibt sich der Vorteil einer wesentlich geringeren erforderlichen Wortbreite. Zwar ist für die erstmalige Bestimmung des Absolutwerts das Überfahren von p Worten nötig, so daß hierzu das Geberteil zunächst um das p -fache der Auflösung bewegt werden muß. Nach der erstmaligen Bestimmung des Absolutwerts wird dann jedoch wieder die maximale Auflösung erreicht, d. h. der Absolutwert kann mit jedem Überfahren eines Worts W_i exakt ermittelt werden.

Jedes p -Tupel $(W_i, W_{i+1}, \dots, W_{i+p-1})$ ist zumindest innerhalb eines vorbestimmten Bereichs der Kodierung eindeutig, d. h. es gilt

$(W_i, W_{i+1}, \dots, W_{i+p-1}) \neq (W_k, W_{k+1}, \dots, W_{k+p-1})$ für $i \neq k$;

Ohne ein Erfüllen dieser Bedingung kann einem bestimmten p -Tupel kein eindeutiger Absolutwert zugeordnet werden.

Bei der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist zumindest einer der folgenden Bedingungen erfüllt:

a) jeweils zwei benachbarte Worte W_i, W_{i+1} weisen unterschiedliche Werte auf, d. h. es gilt $W_i \neq W_{i+1}$; Hierdurch wird die Schritterkennung allein durch die Auswertung des durch die Kodierung erzeugten Signals ermöglicht, so daß auf eine synchronisierte Abtastung verzichtet werden kann;

b) b) die jeweils einem Wort W_i benachbarten Worte W_{i-1} und W_{i+1} weisen unterschiedliche Werte auf, d. h. es gilt $W_{i-1} \neq W_{i+1}$;

Hierdurch wird eine Erkennung eines Wechsels der Bewegungsrichtung allein durch die Auswertung des durch die Kodierung erzeugten Signals ermöglicht; Ohne diese Bedingung wäre bei einem Wechsel der Bewegungsrichtung nach vorheriger Erfassung der Worte $W_{i-1}, W_i, \dots, W_{p-2}, W_{p-1}$ nicht zu entscheiden, ob im Fall $W_{p-2} = W_p$ der Wert W_p durch eine Weiterbewegung in gleicher Richtung oder eine entgegengesetzte Bewegung entstanden ist; Dies gilt zumindest dann, wenn die Auswerteeinheit das p -Tupel in Form eines FIFO-Registers realisiert, wobei jedes neue Wort W_i immer von demselben Ende her in das Register "eingeschoben" wird, unabhängig davon, ob vor der Erfassung dieses W_i eine Änderung der Bewegungsrichtung erfolgt ist.

c) kein p -Tupel $(W_i, W_{i+1}, \dots, W_{i+p-1})$ darf innerhalb des zumindest einen Eindeutigkeitsbereichs der Kodierung als gespiegeltes p -Tupel $(W_{i+p-1}, \dots, W_{i+1}, W_i)$ existieren, d. h. es gilt

$(W_i, W_{i+1}, \dots, W_{i+p-1}) \neq (W_{i+p-1}, \dots, W_{i+1}, W_i)$

Andernfalls wäre allein durch die Auswertung des durch die Kodierung erzeugten Signals nicht zu entscheiden, ob das betreffende p -Tupel bei Überfahren aus der einen oder anderen Richtung erzeugt wurde; Es

wird hierdurch somit eine Erkennung der absoluten Bewegungsrichtung ermöglicht.

Diese Bedingung könnte nur dann entfallen, wenn in jedem Fall eine absolute Erkennung der Bewegungsrichtung ggf. durch das Vorsehen einer zusätzlichen Einrichtung, gewährleistet wäre.

Nach einer Ausführungsform der Erfindung kann die Auswerteeinheit die Bestimmung des Absolutwerts in jedem Fall durch das Zuordnen des betreffenden Vorbestimmten Wertes zu dem aktuellen p-Tupel vornehmen.

Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, diese Möglichkeit der Absolutwertbestimmung nur einmalig oder in bestimmten Abständen bzw. zu bestimmten Anlässen vorzunehmen und künftige Absolutwerte durch ein Inkrementieren bzw. Dekrementieren zu ermitteln. Es ist somit lediglich eine Auswertung zur Schritt-Erkennung und zur Erkennung einer Änderung der Bewegungsrichtung nötig.

Eine Änderung der Bewegungsrichtung kann durch das Erfüllen der vorgenannten Bedingung b) in einfacher Weise durch das Auswerten der Worte W_{p-2} und W_p erfolgen: Stimmen die beiden Worte überein so hat eine Änderung der Bewegungsrichtung stattgefunden.

In einer Ausführungsform der Erfindung, die eine zusätzliche Sicherheit gewährleistet, kann der Absolutwert sowohl durch die Auswertung der p-Tupel als auch durch Inkrementierung/-Dekrementierung des vorherigen Werts ermittelt werden und bei fehlender Übereinstimmen ein Fehlersignal erzeugt werden.

Bei der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden $p=3$ aufeinanderfolgende Worte W_i ausgewertet. Zusammen mit einer Wortbreite $m=3$ (3 Bit) der digitalen Worte ergibt sich ein guter Kompromiß zwischen einer ausreichenden Kodierungslänge (zulässige Anzahl n der digitalen Worte unter Verwendung der vorgenannten Bedingungen) und damit der erreichbaren Auflösung und dem Rechenaufwand für die Auswertung sowie dem erforderlichen Bewegungsweg für die erstmalige Bestimmung des absoluten Positionswerts, wofür zumindest p (hier $p=3$) digitale Worte von dem zumindest einen Detektor erfaßt werden müssen.

Nach der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfaßt die Kodierung zumindest zwei zusammenhängende Bereiche, wobei sowohl jeweils innerhalb der Bereiche als auch an den Nahtstellen die vorgenannten Kodierungsbedingungen erfüllt sind. Die Kodierung innerhalb der Bereiche ist vorzugsweise identisch und verläuft in derselben Richtung.

Die Mehrdeutigkeit dieser Kodierung kann erfindungsgemäß durch das Vorsehen einer Erfassungseinrichtung zur groben Erfassung der absoluten Position und das zusätzliche Auswerten deren Positionssignals erfolgen. Die Genauigkeit dieser Groberfassungseinrichtung muß in jedem Fall besser sein als die Differenz der den beiden Grenzen jedes der mindestens zwei Kodierungsbereiche entsprechenden Positionswerte. Die Auswerteeinheit kann dann den exakten absoluten Positionswert durch die Auswertung des Signals des zumindest einen Detektors zur Erfassung der Kodierung und des Signal der Groberfassungseinrichtung mit der Genauigkeit und Auflösung der Kodierung bestimmen.

In der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung führt die Auswerteeinheit zur Ermittlung des exakten absoluten Positionswerts folgende Schritte ausführt:

- Ermittlung des dem aktuellen Signal der Erfassungseinrichtung zur groben Erfassung entsprechenden Positionswerts (α_a);
- Ermittlung einer unteren und oberen Schranke

($\alpha_a - \delta$; $\alpha_a + \delta$) eines zulässigen Toleranzbereichs für den ermittelten Positionswert (α_a), wobei die Breite (2δ) des Toleranzbereichs kleiner ist als jeder Eindeutigkeitsbereich der Kodierung des Geberteils;

c) Ermittlung des mehrdeutigen Positionswerts α_t durch Auswertung des Signals des zumindest einen die Kodierung erfassenden Detektors;

d) Ermittlung des korrigierten absoluten Wertes $\alpha_{t,korr}$ nach der Vorschrift:

$$\alpha_{t,korr} = \text{INT}[(\alpha_a + \delta)/\alpha_{t,max}] \cdot \alpha_{t,max} + \alpha_t \text{ für } \alpha_t \leq \alpha_{t,max}/2$$

$$\alpha_{t,korr} = \text{INT}[(\alpha_a - \delta)/\alpha_{t,max}] \cdot \alpha_{t,max} + \alpha_t \text{ für } \alpha_t > \alpha_{t,max}/2.$$

Dabei ist mit $\alpha_{t,max}$ der maximal mögliche Wert für die absolute (mehrdeutige) Position durch die Auswertung der p-Tupel bezeichnet.

In der bevorzugten Ausführungsform prüft die Auswerteeinheit, ob der ermittelte absolute Positionswert $\alpha_{t,korr}$ innerhalb des zulässigen Toleranzbereichs $\alpha_a - \delta < \alpha_{t,korr} < \alpha_a + \delta$ liegt und erzeugt im Fehlerfall ein Fehlersignal und/oder führt einen Abgleich der Groberfassungseinrichtung durch. Beispielsweise kann die Auswerteeinheit hierzu die Differenz zwischen dem ermittelten Absolutwert ($\alpha_{t,korr}$) und dem Positionswert (α_a) ermitteln und in einem vorzugsweise nicht-flüchtigen Speicher ablegen und für künftige Ermittlungen des Positionswerts (α_a) als Korrekturwert verwenden.

Nach einer Ausführungsform der Erfindung ist der Absolutwertgeber als Drehgeber ausgebildet, wobei das Geberteil drehbar mit einem Teil verbindbar ist, dessen Drehwinkel erfaßt werden soll, z. B. der Lenkwelle eines KFZ oder einem damit verbundenen Teil. Die auf dem Geberteil vorgesehene Kodierung ist vorzugsweise endlos und auf dem Außenumfang des Geberteils vorgesehen. An jeder Nahtstelle sind die Bedingungen gemäß Anspruch 2 erfüllt.

Weitere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Explosionsdarstellung der für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Teile eines Lenksystems mit einem digitalen Absolutwertgeber nach der Erfindung;

Fig. 2 einen Längsschnitt durch das montierte Lenkssystem gemäß Fig. 1 und

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer zulässigen Kodierung nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

Bei den in Fig. 1 dargestellten Komponenten handelt es sich im Wesentlichen um das Lenkrad 1 und eine Multifunktionseinheit 3, die u. a. einen Absolutwertgeber 5 zur Erfassung des Lenkwinkels umfaßt.

Die Multifunktionseinheit 3 besteht aus einem ortsfesten Gehäuseteil 7, das aus den beiden Hälften 7a und 7b besteht. Das ortsfeste Gehäuseteil 7 ist so ausgebildet, daß es auf eine Lenksäule 9 (Fig. 2) aufgeschoben werden kann und diese umgibt.

In der Hälfte 7b des Gehäuseteils 7 können, wie in Fig. 1 dargestellt, weitere Komponenten, wie Lenkstockschalter, ein Zündschloß oder dergleichen, integriert sein. Des weiteren ist im Inneren der Hälfte 7b des Gehäuseteils 7 eine Elektroneinheit 11 vorgesehen, welche die erforderlichen Schaltkreise auf der ortsfesten Seite der Multifunktionseinheit 3 umfaßt. Hierbei kann es sich im Einzelnen um die

Schaltkreise für den Lenkstockschalter, das Zündschloß und die Datenübertragung von und zu den am Lenkrad vorgesehenen Funktionseinheiten 13 sowie um die Auswerteeinheit für den Absolutwertgeber nach der Erfindung handeln.

Des weiteren weist die Multifunktionseinheit 3 ein Gehäuseeteil 15 auf, welches an der Rückseite 1a des Nabenbereichs des Lenkrads befestigbar ist und zur Aufnahme einer Sende/Empfangseinheit 17 dient, welche die für die Datenübertragung von und zu den am Lenkrad 1 angeordneten Funktionseinheiten 13 erforderlichen Schaltkreise umfaßt.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich, sind die Schaltkreise der Elektroneinheit 11 auf einer Platine 19 angeordnet, welche im Inneren der Hälfte 7b des Gehäuseteils 7 in nicht näher dargestellter Weise gehalten ist. Der Innenraum der Hälfte 7b ist durch die radial zur Achse A der Lenksäule 9 verlaufenden rückseitigen Wandung der Hälfte 7a des Gehäuseteils 7 im Wesentlichen dicht abgeschlossen. Hierzu ist die Hälfte 7a mittels daran ausgebildeter Eingriffselemente 23 mit der Hälfte 7b verbunden, wobei die Eingriffselemente 23 in entsprechende Ausnehmungen 25 in der Hälfte 7b einrasten.

Der rückwärtige Bereich der Hälfte 7b des Gehäuseteils 7 umschließt mit seiner zentralen Ausnehmung die Lenksäule 9 und kann mittels einer Schelle 27 drehfest mit der in Bezug auf das übrige Fahrzeug ortsfesten (jedenfalls nicht mit der Lenkwelle drehbaren) Außenseite der Lenksäule 9 verbunden werden. Das Lenkrad 1 ist mittels einer Mutter 29 mit der Lenkwelle 31 verbunden, welche zu diesem Zweck in ihrem vordersten Bereich mit einem Gewinde versehen ist. Des weiteren ist mit dem Lenkrad 1 drehfest eine Hülse 33 verbunden, welche die Lenksäule 9 umgreift. Auf der Hülse 33 ist drehfest ein erstes Zahnrad 35 befestigt, das somit zusammen mit dem Lenkrad 1 drehbar ist.

Auf der rückwärtigen Seite der Platine 19 ist eine Tauchspule 37 einer als Erfassungseinrichtung zur groben Erfassung des absoluten Lenkwinkels dienenden Tauchspuleneinheit 39 angeordnet. Die Tauchspule 37 kann hierzu nicht näher dargestellte Anschlußkontakte für die Spule aufweisen, welche in entsprechende Kontaktbohrungen in der Platine 19 eingreifen und gleichzeitig mit den übrigen Elektrobauelementen verlötet werden können.

Die Tauchspuleneinheit 39 umfaßt des weiteren eine Gewindespindel 41, die mit ihrem rückwärtigen Ende drehbar in der Rückwandung der Tauchspule 37 gehalten ist. Auf der Gewindespindel 41 ist ein Eintauchelement 43 gehalten, wobei das Eintauchelement 43 eine Gewindebohrung aufweist, welche mit dem Außengewinde der Gewindespindel 41 in der Weise zusammenwirkt, daß bei einer Drehung der Gewindespindel 41 das Eintauchelement 43 translatorisch in die Spule 37 hinein- oder aus dieser herausbewegt wird. Das Eintauchelement 43 besteht vorzugsweise aus einem Ferrit und ist zusätzlich durch die Innenwandung der Tauchspule 37 in seiner Verschieberichtung geführt.

Am vorderen Ende der Gewindespindel 41 ist ein zweites Zahnrad 45 drehfest angeordnet, welches mit dem auf der Hülse 33 drehfest gehaltenen ersten Zahnrad 35 kämmt.

Auf diese Weise wird die Drehbewegung des Lenkrads 1 und der damit drehfest gekoppelten Hülse 33 in eine translatorische Bewegung des Eintauchelements 43 der Tauchspuleneinheit 39 umgesetzt.

Die auf der Platine 19 vorgesehene Auswerteeinheit 11 (nur dieser Teil der Elektroneinheit ist für das Verständnis der Erfindung von Bedeutung) wertet Induktivitätsänderungen der Tauchspuleneinheit 39 infolge der translatorischen Bewegung des Eintauchelements 43 aus und setzt so die Drehbewegung des Lenkrads in ein entsprechendes elektrisches Signal um. Hierbei kann es sich selbstverständlich um ein analoges oder ein digitales Signal handeln.

Zusätzlich zu der vorstehend beschriebenen Erfassungs-

einrichtung zur groben Erfassung des Lenkwinkels umfaßt der Absolutwertgeber 5 gemäß Fig. 1 eine Einrichtung 47 zur genauen Erfassung des Lenkwinkels. Diese besteht einerseits aus einem als Ring ausgebildeten Geberteil 49, auf dessen Umfangsfläche eine Kodierung 51 vorgesehen ist. Diese besteht aus drei Spuren in Umfangsrichtung, in welchen in axial verlaufenden Zeilen jeweils drei Markierungen 53 angeordnet sind. Die jeweils drei Markierungen in einer Zeile stellen digitale Worte W_i mit je drei Bit dar. Jeweils aufeinanderfolgende Worte W_i sind vorzugsweise in Umfangsrichtung unmittelbar aneinander angrenzend vorgesehen.

Der Ring 49 wird auf die Hülse 33 aufgeschoben und ist auf dieser drehfest gehalten. Bei einer Drehung des Lenkrads 1 wird somit auch der Ring 49 zusammen mit der Hülse 33 gedreht.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich, werden die auf der Umfangsfläche des Rings 49 vorgesehenen Markierungen 53 jeder Spur von jeweils einem Detektor 55 erfaßt. Die drei Detektoren 55 können beispielsweise als Hall-Sensoren ausgebildet sein, welche entsprechend magnetisch ausgebildete Markierungen 53 der Kodierung 51 erfassen. Das Signal der Detektoren 55 ist ebenfalls der Auswerteeinheit 11 zugeführt.

Anstelle der drei Detektoren 55 kann selbstverständlich auch ein einziger Detektor verwendet werden, der die separate Erfassung der Markierungen 53 der drei Spuren mit ausreichender Geschwindigkeit ermöglicht. Die Markierungen 53 und Detektoren 55 können auch auf jede beliebige andere Weise realisiert sein, beispielsweise als optische Markierungen und ein optische Detektoren. Durch eine entsprechende Signalauswertung kann selbstverständlich auch nur ein einziger Sensor vorgesehen sein, der sowohl die Markierungen 51 sämtlicher Spuren abtastet.

Um z. B. eine Auflösung von $1,5^\circ$ zu erreichen, sind 240 digitale Worte W_i erforderlich.

Bei herkömmlichen digitalen Absolutwertgebern ist in der Regel eine Kodierung verwendet, die durch die Abtastung jedes Worts, d. h. der Bits in einer Zeile, die Ermittlung eines diesem Wort zugeordneten Werts ermöglicht. Bei der vorgenannten geforderten Auflösung von $1,5^\circ$ wären somit 8 Bit erforderlich, um durch eine einmalige Abtastung eines Worts W_i sofort den Drehwinkel ermitteln zu können. Dies wäre jedoch mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand verbunden, sowohl bei der Erstellung der Kodierung bzw. Herstellung des Rings 49 als auch bei der Realisierung der Detektoren 55.

Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, die absolute Position des Geberteils bzw. den absoluten Drehwinkel durch die Auswertung einer vorbestimmten Anzahl p aufeinanderfolgender digitaler Worte W_i , d. h. durch die Auswertung jeweils eines p -Tupels ($W_i, W_{i+1}, \dots, W_{i+p-1}$) zu ermitteln.

In der dargestellten Ausführungsform beträgt die Breite der Worte W_i gleich drei Bit.

In der Praxis hat sich gezeigt, daß in diesem Fall durch die Auswertung jeweils dreier aufeinanderfolgender digitaler Worte W_i , die dann die Werte von 0 bis 7 annehmen können ($2^3 - 1 = 7$), ohne weiteres eine Auflösung von $1,5^\circ$ realisierbar ist, wobei der maximal zu überfahrene Winkelbereich für eine Bestimmung des absoluten Winkels (abhängig von der Ausbildung der Detektoren und der Markierungen auf dem Geberteil) $4,5^\circ$ beträgt.

Damit ist selbst bei der erstmaligen Inbetriebnahme des Absolutwertgebers 5 sichergestellt, daß nach einem Überfahren eines Winkelbereichs (in derselben Richtung) von $4,5^\circ$ der absolute Winkel der Lenkwelle mit einer Auflösung und einer Genauigkeit besser als $1,5^\circ$ bestimmbar ist.

Erfindungsgemäß wird die Kodierung so gewählt, daß die bereits genannten Bedingungen erfüllt sind, wobei hier $p=3$ zu setzen ist:

- a) jeweils zwei benachbarte Worte W_i, W_{i+1} weisen unterschiedliche Werte auf, d. h. es gilt $W_i \neq W_{i+1}$ (Schritterkennung);
- b) die jeweils einem Wort W_i benachbarten Worte W_{i-1} und W_{i+1} weisen unterschiedliche Werte auf, d. h. es gilt $W_{i-1} \neq W_{i+1}$ (Erkennung der Drehrichtungsänderung);
- c) jedes 3-Tupel (W_i, W_{i+1}, W_{i+2}) ist zumindest innerhalb eines vorbestimmten Bereichs der Kodierung eindeutig, d. h. es gilt $(W_i, W_{i+1}, \dots, W_{i+2}) \neq (W_k, W_{k+1}, W_{k+2})$ für $i \neq k$ (Eindeutigkeit der Kodierung innerhalb eines Bereichs der Kodierung);
- d) kein 3-Tupel (W_i, W_{i+1}, W_{i+2}) darf innerhalb des zumindest einen Eindeutigkeitsbereichs der Kodierung als gespiegeltes p -Tupel (W_{i+2}, W_{i+1}, W_i) existieren, d. h. es gilt $(W_i, W_{i+1}, W_{i+2}) \neq (W_{i+2-k}, W_{i+1-k}, W_{i-k})$ (Erkennung der absoluten Drehrichtung).

Unter Berücksichtigung sämtlicher dieser Bedingungen ergibt sich jedoch bei der verwendeten Wortbreite von drei Bit jedoch keine ausreichende Anzahl von möglichen Worten, so daß die gesamte Kodierung am Umfang des Rings 49 in zwei Bereiche I, II (Fig. 3) aufgeteilt wurde, die jeweils einen Winkel von 180° abdecken.

In jedem der beiden Bereiche I, II wird dieselbe Kodierung verwendet, wobei in beiden Kodierungsbereichen dieselbe Richtung der Kodierung vorliegt. An den beiden Nahtstellen 60, 62 sind die vorgenannten Bedingungen ebenfalls erfüllt.

Bei dem in Fig. 3 schematisch dargestellten Beispiel für eine Kodierung des Rings 49 ergeben sich somit 120 digitale Worte W_i pro Bereich, was der geforderten Auflösung von $1,5^\circ$ entspricht.

Da die Tauchspuleneinheit 39 und der Ring 49 mechanisch mit der Lenkwelle 31 gekoppelt sind, stehen die Signale der als Groberfassungseinrichtung dienenden Tauchspuleneinheit und die Signale der Detektoren 55 in einem festen Zusammenhang. Die Mehrdeutigkeit der Signale der Detektoren, welche jeweils die 3-Bit-Worte erzeugen, kann in nachstehender Weise durch die zusätzliche Auswertung des Signals der Tauchspuleneinheit beseitigt werden.

Ausgangspunkt sei eine Situation in der der Absolutwertgeber 5 erstmalig an die Energieversorgung angeschlossen wird und demzufolge noch kein einziges digitales Wort W_i der Kodierung 51 durch die Abtastung der Markierungen 53 mittels der Detektoren 55 erfaßt wurde.

Dennoch wird in dieser Ausgangssituation der Auswerteeinheit 11 das Signal S_T der Tauchspuleneinheit 39 zugeführt und kann von der Auswerteeinheit ausgewertet werden. Hierzu vergleicht die Auswerteeinheit 11 beispielsweise den momentanen Wert des Signals S_T der Tauchspuleneinheit 39 mit einer vorbekannten Kennlinie $\alpha_a(S_T)$ die z. B. als funktionale Abhängigkeit oder in Form digitalisierter Werte in der Auswerteeinheit 11 abgelegt sein kann, und ermittelt auf diese Weise einen groben Wert für den Drehwinkel.

Wird der Drehwinkel α von anderen Komponenten des KFZ, z. B. von einer Steuereinheit zur Steuerung eines dynamischen Fahrwerks benötigt, so kann zunächst dieser grobe Wert $\alpha_a(S_T)$ vom Absolutwertgeber 5 an diese Steuereinheit ausgegeben werden.

Wird dann zu einem beliebigen Zeitpunkt die Lenkwelle gedreht und wird bei der Drehung wenigstens ein Winkelbereich von $4,5^\circ$ in derselben Drehrichtung überstrichen, so

kann die Auswerteeinheit bereits aus den drei ersten erfaßten digitalen Worten W_i , d. h. dem ersten 3-Tupel, den absoluten Drehwinkel mit der durch die Kodierung vorgegebenen Genauigkeit bestimmt.

- 5 Zur Beseitigung der Mehrdeutigkeit des 3-Tupels – es ist zunächst unbekannt in welcher absoluten Position sich die Lenkwelle ausgehend von der Geradeausstellung befindet – ermittelt die Auswerteeinheit zunächst einen zulässigen Toleranzbereich für den aus dem Signal S_T der Tauchspuleneinheit ermittelten groben Winkel α_a . Hierzu ist in der Tauchspuleneinheit z. B. ein Wert für eine Fehlerschranke α gespeichert. Damit ermittelt die Auswerteeinheit 11 den Toleranzbereich zu $\alpha_a - \delta < \alpha < \alpha_a + \delta$, wobei die Breite 2δ des Toleranzbereichs kleiner ist als jeder der beiden Eindeutigkeitsbereiche der Kodierung des Geberteils, d. h. kleiner als 180° .

Des weiteren ermittelt die Auswerteeinheit 11 durch eine Auswertung des ersten 3-Tupels den ersten (mehrdeutigen, jedoch genauen) Drehwinkel α_r , der im Bereich $[0; 180]$ liegt.

Schließlich ermittelt die Auswerteeinheit 11, ob der Wert α_r kleiner oder gleich dem halben maximal möglichen Wert für den Drehwinkel α ist oder größer.

- 25 Abhängig von dieser Prüfung kann die Auswerteeinheit 11 den korrigierten Wert $\alpha_{r,korr}$ durch Auswertung der folgenden Vorschriften ermitteln:

$$\alpha_{r,korr} = \text{INT}[(\alpha_a + \delta) / \alpha_{r,max}] \cdot \alpha_{r,max} + \alpha_r \text{ für } \alpha_r \leq \alpha_{r,max} / 2$$

$$\alpha_{r,korr} = \text{INT}[(\alpha_a - \delta) / \alpha_{r,max}] \cdot \alpha_{r,max} + \alpha_r \text{ für } \alpha_r > \alpha_{r,max} / 2.$$

Dabei ist mit INT die Integer-Division bezeichnet.

- 35 Ergibt sich beispielsweise durch die Auswertung des Signals S_T der Tauchspuleneinheit ein Wert $\alpha = 535^\circ$ und durch die Auswertung der Kodierung ein Wert von $\alpha_r = 3^\circ$, so ist die Bedingung $\alpha_r = 3^\circ \leq 90^\circ$ erfüllt. Dies führt durch die Auswertung der ersten der vorgenannten Bedingungen und damit zu $\alpha_{r,korr} = \text{INT}[535^\circ / 180^\circ] \cdot 180^\circ + 3^\circ = 543^\circ$, wobei die Fehlerschranke bei der Groberfassung des absoluten Winkels mittels der Tauchspuleneinheit zu $\delta = 20^\circ$ gewählt wurde.

- 45 Nach dieser erstmaligen Erfassung des exakten Lenkwinkels kann künftig der Absolutwert durch Detektieren der einzelnen Schritte und der Drehrichtungsänderungen durch einfaches Inkrementieren bzw. Dekrementieren ermittelt werden. Selbstverständlich kann jedoch auch bei jedem Schritt oder in vorbestimmten Abständen bzw. aus bestimmten Anlässen das vorstehend beschriebene Verfahren unter zusätzlicher Verwendung des Signals der Tauchspuleneinheit verwendet werden.

- 50 Im Folgenden wird ein einfaches Verfahren zur Ermittlung einer zulässigen Kodierung unter Berücksichtigung sämtlicher der in Anspruch 2 genannten Bedingungen erläutert:

In einem ersten Schritt werden zunächst sämtliche möglichen p -Tupel ermittelt und in einer Tabelle zusammengestellt.

- 60 Im zweiten Schritt werden alle gemäß den Bedingungen für die Schritt-Erkennung und die Erkennung von Änderungen der Bewegungsrichtung unzulässigen p -Tupel eliminiert.

In einem dritten Schritt wird ein beliebiges p -Tupel als Startwert ausgewählt.

- 65 Dieses p -Tupel wird in einem vierten Schritt in der erstellten Tabelle gestrichen. Ebenso wird das gespiegelte p -Tupel gestrichen.

Im fünften Schritt werden die $p-1$ letzten Worte W_{i+1} ,

W_{i+p-2} und W_{i+p-1} des zuletzt gewählten p-Tupels als die p-1 ersten Worte $W_i, W_{i+1}, \dots, W_{i+p-2}$ des folgenden p-Tupels der Kodierung verwendet und aus den verbleibenden Möglichkeiten in der erstellten Tabelle ein p-Tupel ausgewählt, welches dieselben p-1 ersten Worte aufweist. Das ausgewählte p-Tupel wird wiederum ebenso gestrichen, wie das gespiegelte p-Tupel.

Dieser fünfte Schritt wird solange wiederholt, bis eine ausreichende Kodierungslänge erreicht ist oder sämtliche verfügbaren p-Tupel verbraucht sind. Ggf. können der Startwert oder das Auswahlkriterium, welches von mehreren möglichen p-Tupeln ausgewählt wird, verändert werden, wenn das Verfahren zu früh abbrechen sollte.

Bei einem Kaskadieren von mehreren Kodierungsbereichen kann das Einhalten der Bedingungen an den Nahtstellen "von Hand" überprüft bzw. sichergestellt werden.

Patentansprüche

1. Absolutwertgeber,
 - a) mit einem Geberteil (49), auf welchem eine Kodierung (51) aus einer vorbestimmten Anzahl n örtlich aufeinanderfolgender digitaler Worte (W) mit einer Breite von m Bit (b_1, b_2, \dots, b_m) in m nebeneinander angeordneten Spuren vorgesehen ist,
 - b) mindestens einem Detektor (55) zur gleichzeitigen Erfassung der einzelnen Bit (b_1, b_2, \dots, b_m) eines digitalen Words (W_i),
 - c) wobei das Geberteil (49) und der mindestens eine Detektor (55) relativ zueinander bewegbar sind,
 - d) und einer Auswerteeinheit (11), welcher das Signal des mindestens einen Detektors (55) zugeführt ist,

dadurch gekennzeichnet,

 - e) daß die Auswerteeinheit (11) die absolute Position des Geberteils (49) in Bezug auf den zumindest einen Detektor (55) zumindest einmalig durch die Auswertung einer vorbestimmten Anzahl (p) aufeinanderfolgender digitaler Worte (W) ermittelt,
 - g) wobei jedem p-Tupel ($W_i, W_{i+1}, \dots, W_{i+p-1}$), bestehend aus der vorbestimmten Anzahl (p) aufeinanderfolgender digitaler Worte (W_i), ein definierter Positionswert des Geberteils (49) in Bezug auf den zumindest einen Detektor (55) zugeordnet ist und
 - h) wobei jedes p-Tupel ($W_i, W_{i+1}, \dots, W_{i+p-1}$) zumindest innerhalb eines vorbestimmten Eindeutigkeitsbereichs (I, II) der Kodierung (51) eindeutig ist und innerhalb jedes Eindeutigkeitsbereichs (I, II) die digitalen Worte (W) nicht eindeutig sind.
2. Absolutwertgeber nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kodierung (51) zusätzlich zumindest eine der folgenden Bedingungen erfüllt:
 - a) jeweils zwei benachbarte Worte (W_i, W_{i+1}) weisen unterschiedliche Werte auf;
 - b) die jeweils einem Wort (W_i) benachbarten Worte (W_{i+1}) und (W_{i+1}) weisen unterschiedliche Werte auf;
 - c) kein p-Tupel ($W_i, W_{i+1}, \dots, W_{i+p-1}$) darf innerhalb des zumindest einen Eindeutigkeitsbereichs (I, II) der Kodierung (51) als gespiegeltes p-Tupel ($W_{i+p-1}, \dots, W_{i+1}, W_i$) existieren.
3. Absolutwertgeber nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (11) die absolute Position des Geberteils (49) relativ zu dem zumindest einen Detektor (55) jeweils durch das Zuordnen

des betreffenden Positionswerts zu dem detektierten p-Tupel ($W_i, W_{i+1}, \dots, W_{i+p-1}$) ermittelt.

4. Absolutwertgeber nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (11) nach einer einmaligen Ermittlung der absoluten Position die künftige Absolutposition des Geberteils (49) relativ zu dem zumindest einen Detektor (55) durch die Inkrementierung oder Dekrementierung des einmalig ermittelten Positionswerts bestimmt.

5. Absolutwertgeber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (11) die Änderung der Bewegungsrichtung durch den Vergleich der digitalen Worte W_{p-3} und W_{p-1} ermittelt und bei deren Übereinstimmung einen Änderung der Drehrichtung nach Überfahren des digitalen Words W_{p-2} detektiert.

6. Absolutwertgeber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (11) die absolute Bewegungsrichtung durch den Vergleich eines p-Tupels mit einem gespeicherten Abbild der Kodierung (51) ermittelt, wobei hierzu die Bedingungen c) und d) gemäß Anspruch 2 erfüllt sind.

7. Absolutwertgeber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (11) die absolute Position sowohl durch Inkrementierung/Dekrementierung des vorherigen Wertes als auch durch Auswertung des betreffenden p-Tupels ermittelt und bei fehlender Übereinstimmung ein Fehlersignal erzeugt.

8. Absolutwertgeber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite m der digitalen Worte (W_i) gleich 3 ist und daß die vorbestimmte Anzahl (p) aufeinanderfolgender Worte zur Positionsermittlung gleich 3 ist.

9. Absolutwertgeber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kodierung (51) auf dem Geberteil (49) mindestens zwei zusammenhängende jeweils die vorbestimmte Anzahl (n) digitaler Worte (W_i) aufweisende Bereiche (I, II) umfaßt.

10. Absolutwertgeber nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß auch an der zumindest einen Nahtstelle (60, 62) der mindestens zwei Bereiche (I, II) die Bedingungen gemäß Anspruch 2 erfüllt sind.

11. Absolutwertgeber nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine Erfassungseinrichtung (39) zur groben Erfassung der absoluten Position vorgesehen ist, wobei deren Genauigkeit besser ist als die Differenz der den beiden Grenzen jedes der mindestens zwei Bereiche (I, II) entsprechenden Werte, und daß die Auswerteeinheit (11) zur Bestimmung der absoluten Position innerhalb der gesamten Kodierung (51) zunächst den groben absoluten Positionswert mittels der Erfassungsvorrichtung (39) ermittelt und den exakten absoluten Positionswert unter zusätzlicher Verwendung der für sich genommen mehrdeutigen Information des zumindest einen Detektors (55) bestimmt.

12. Absolutwertgeber nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (11) zur Ermittlung des exakten absoluten Positionswerts folgende Schritte ausführt:

- a) Ermittlung des dem aktuellen Signal (S_T) der Erfassungseinrichtung (39) zur groben Erfassung entsprechenden Positionswerts (α_a);
- b) Ermittlung einer unteren und oberen Schranke ($\alpha_a - \delta$; $\alpha_a + \delta$) eines zulässigen Toleranzbereichs für den ermittelten Positionswert (α_a), wobei die

Breite (28) des Toleranzbereich kleiner ist als jeder Eindeutigkeitsbereich (I, II) der Kodierung (51) des Geberteils (49);

c) Ermittlung des mehrdeutigen Positionswerts (α_r) durch Auswertung des Signals des zumindest einen, die Kodierung (51) erfassenden Detektors (55);

d) Ermittlung des korrigierten absoluten Wertes ($\alpha_{r,korr}$) nach der Vorschrift:

$$\alpha_{r,korr} = \text{INT}[(\alpha_a + \delta)/\alpha_{r,max}] \cdot \alpha_{r,max} + \alpha_r \text{ für } \alpha_r \leq \alpha_{r,max}/2$$

$$\alpha_{r,korr} = \text{INT}[(\alpha_a - \delta)/\alpha_{r,max}] \cdot \alpha_{r,max} + \alpha_r \text{ für } \alpha_r > \alpha_{r,max}/2.$$

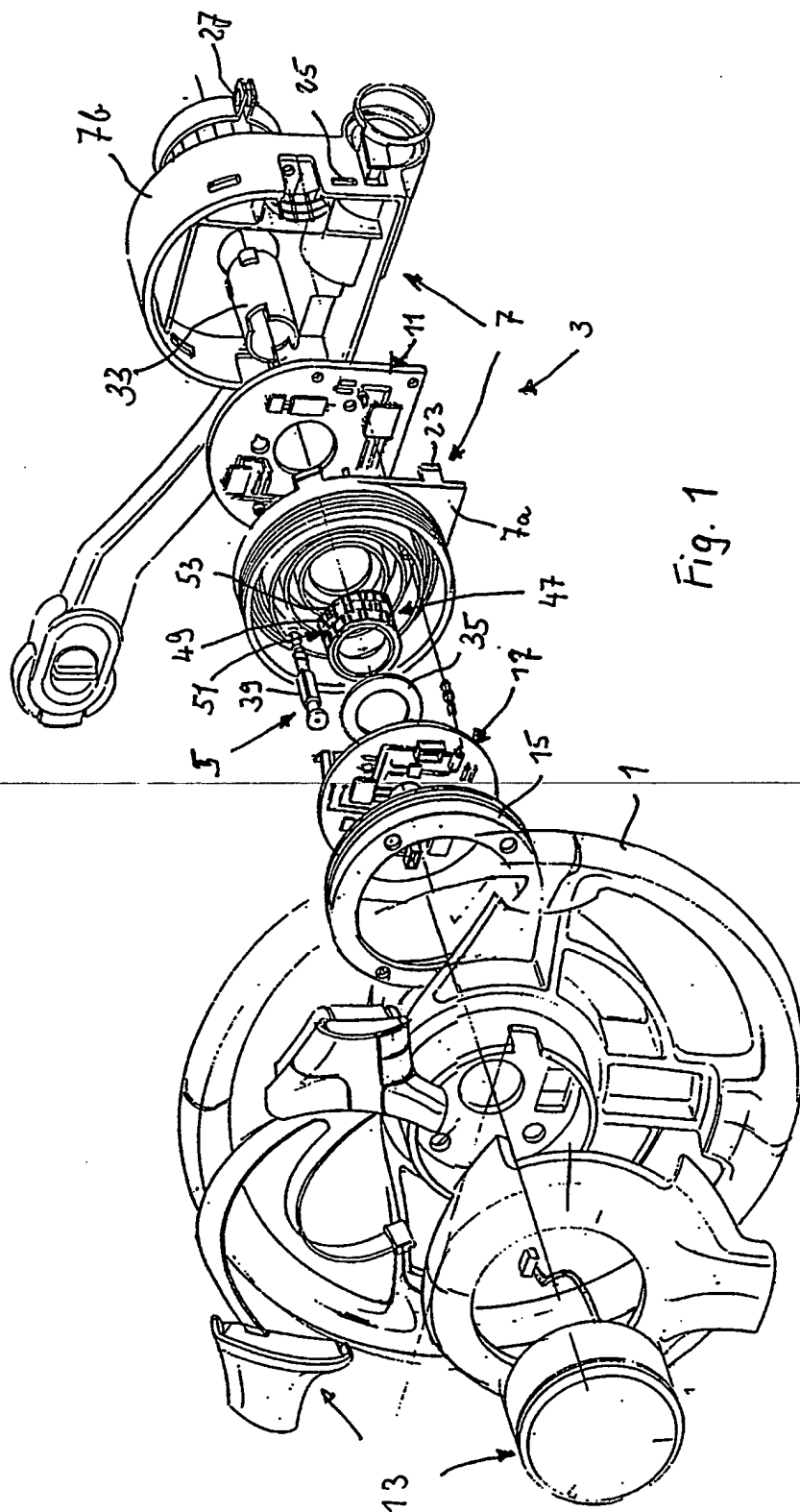
13. Absolutwertgeber nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (11) prüft, ob der ermittelte Wert ($\alpha_{r,korr}$) innerhalb des zulässigen Toleranzbereichs liegt und im Fehlerfall ein Fehlersignal erzeugt und/oder einen Abgleich der Erfassungseinrichtung (39) für die Groberfassung der absoluten Position vornimmt.

14. Absolutwertgeber nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (11) die Differenz zwischen dem ermittelten Absolutwert ($\alpha_{r,korr}$) und dem Positionswert (α_a) ermittelt und in einem vorzugsweise nicht-flüchtigen Speicher ablegt und für künftige Ermittlungen des Positionswerts (α_a) als Korrekturwert verwendet.

15. Absolutwertgeber nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Absolutwertgeber (5) als Drehgeber ausgebildet ist.

16. Absolutwertgeber nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Geberteil (49) drehbar mit einem Teil (31) verbindbar ist, dessen Drehwinkel erfaßt werden soll, und daß die auf dem Geberteil (49) vorgesehene Kodierung (51) endlos, vorzugsweise auf dem Außenumfang des Geberteils (49) vorgesehen ist, und daß an jeder Nahtstelle (60, 62) die Bedingungen gemäß Anspruch 2 erfüllt sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen



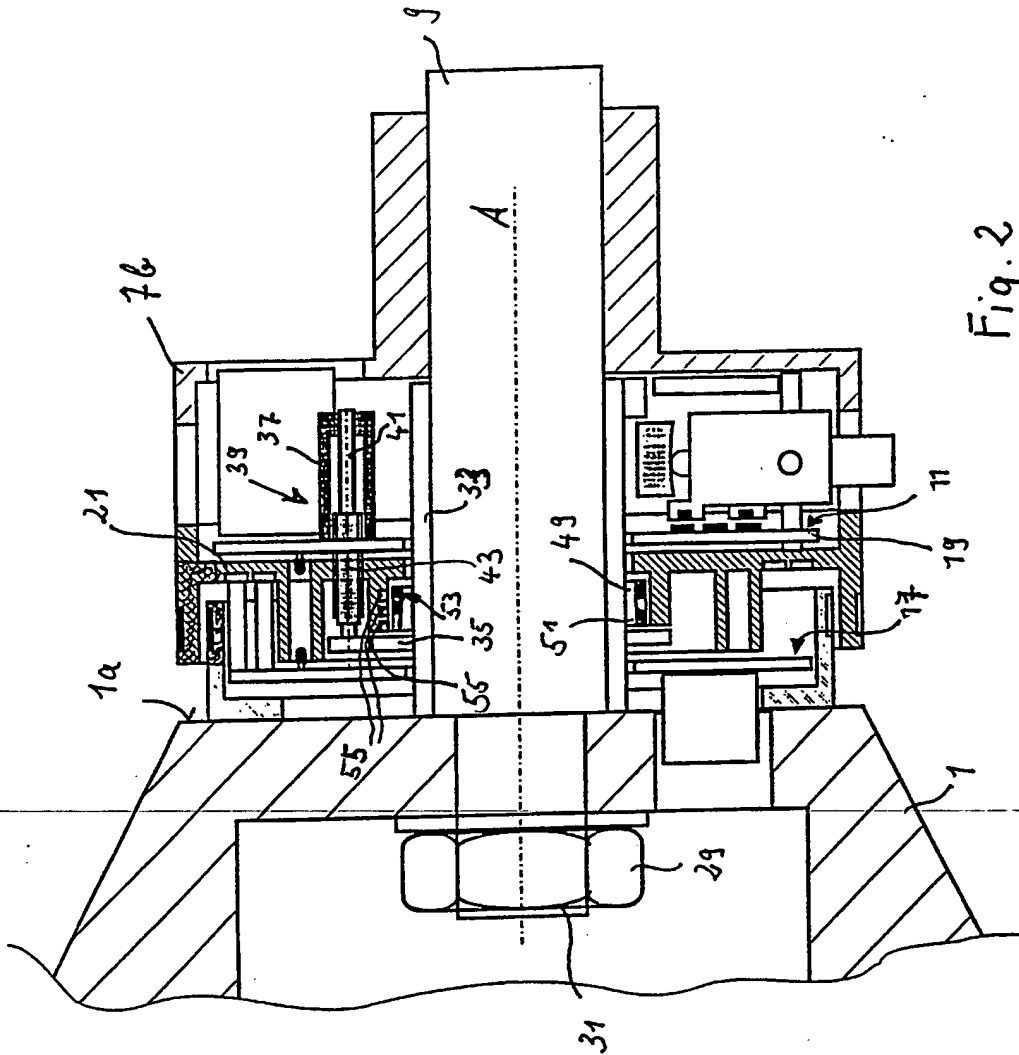


Fig. 2

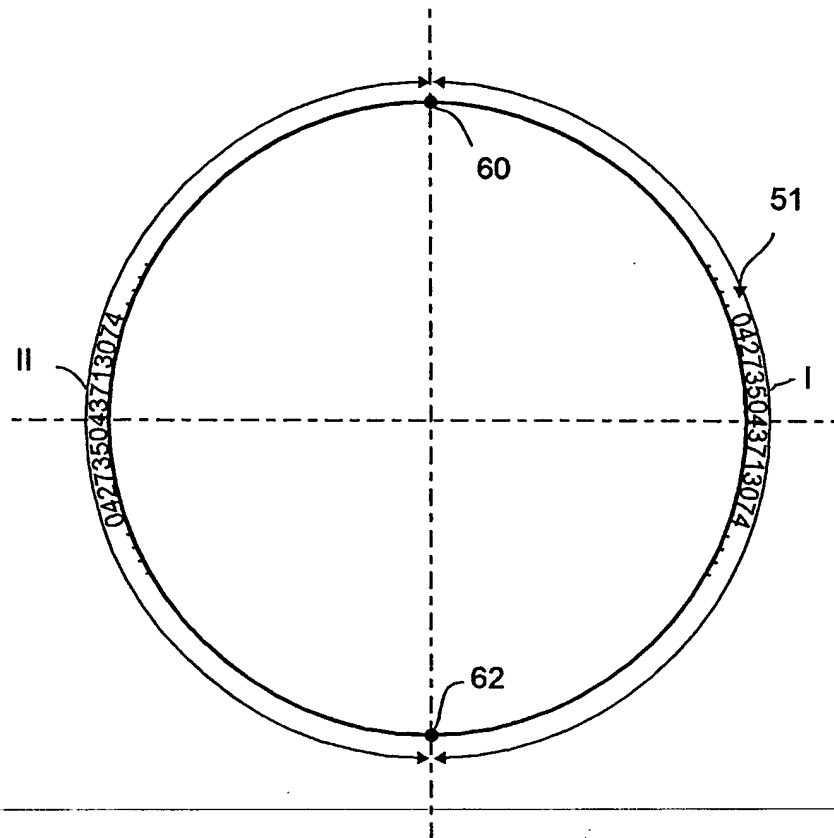


Fig. 3